

**Buffer memory configuration having a memory between a USB and a CPU**

Patent Number: ☐ US6421770  
Publication date: 2002-07-16  
Inventor(s): BARRENSCHEEN JENS (DE); FENZL GUNTHER (DE); HUCH MARTIN (DE)  
Applicant(s): INFINEON TECHNOLOGIES AG (DE)  
Requested Patent: ☐ EP0893755, A3  
Application Number: US19980120160 19980721  
Priority Number(s): DE19971031204 19970721  
IPC Classification: G06F12/02  
EC Classification: G06F5/06C, G06F5/06M  
Equivalents: ☐ JP11167480

**Abstract**

The buffer memory configuration has a memory disposed between a USB and a central processing unit. The memory can be mapped onto an address space which is exactly half as large as the memory itself. The first half of the memory defines a first memory page and the second half of the memory defines a second memory page, and each address in the address space is assigned exactly one memory location on each of the memory pages. A memory management unit generates a first significant bit which assigns in each case the two memory locations having the same address to the address space of the first memory page and to the address space of the second memory page. The buffer memory architecture enables the memory independently to manage the data to be transferred. The two memory pages serve to decouple the central processing unit CPU and the bus. Both memory pages are virtually visible to the user but only one of the memory pages can ever be addressed for data transfer. Consequently, overlapping of the writing cycles is avoided by arranging the transmitted data and the data to be read out in separate areas of the memory

Data supplied from the esp@cenet database - I2



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 893 755 A2

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
27.01.1999 Patentblatt 1999/04

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: G06F 5/06

(21) Anmeldenummer: 98112799.6

(22) Anmeldetag: 09.07.1998

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: 21.07.1997 DE 19731204

(71) Anmelder:  
SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT  
80333 München (DE)

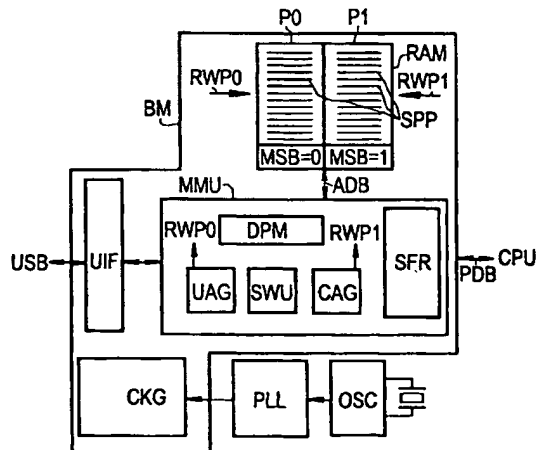
(72) Erfinder:

- Barrenscheen, Jens  
81669 München (DE)
- Huch, Martin, Dr.  
81739 München (DE)
- Fenzl, Gunther  
85635 Höhenkirchen-Siegertsbrunn (DE)

### (54) Pufferspeicheranordnung

(57) Die Erfindung betrifft eine Pufferspeicheranordnung mit einem zwischen einem USB-Bus und einer zentralen Recheneinheit angeordneten Speicher. Dieser Speicher ist auf einen Adressraum abbildbar ist, der genau halb so groß ist wie der Speicher, wobei die erste Hälfte des Speichers eine erste Speicherseite und die zweite Hälfte des Speichers eine zweite Speicherseite definiert und wobei jeder Adresse im Adressraum genau ein Speicherplatz auf jeder der Speicherseiten zugeordnet sind, und die Speicherverwaltungseinheit ein erstes signifikantes Bit erzeugt, welches jeweils die zwei Speicherplätze mit derselben Adresse dem Adressraum der ersten und dem Adressraum der zweiten Speicherseite zuordnet. Mit dieser Pufferspeicherarchitektur ist es möglich, daß der Speicher die zu transferierenden Daten selbständig verwaltet. Die beiden Speicherseiten dienen dabei der Entkopplung der zentralen Recheneinheit CPU und des Busses. Beide Speicherseiten sind für den Anwender virtuell sichtbar, jedoch ist für den Datentransfer immer nur eine der Speicherseiten ansprechbar. Somit wird eine Überlappung der Schreibzyklen vermieden, indem die gesendeten und die auszulesenden Daten in getrennten Bereichen des Speichers angeordnet sind.

FIG 3



EP 0 893 755 A2

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Pufferspeicheranordnung mit

- die zur Datenkommunikation zwischen einem Datensender und einem Datenempfänger angeordnet ist und die mit diesen über Signalleitungen gekoppelt ist,
- die zur Datenpufferung mindestens einen Speicher enthält und
- die eine Speicherverwaltungseinrichtung aufweist, die über einen Adress-/Datenbus das Auslesen und das Beschreiben des Speichers steuert.

Ein derartiger Pufferspeicher ist auch als First-In-First-Out-Speicher (FIFO) bekannt. Die Realisierung eines derartigen FIFO's ist beispielsweise in Tietze/Schenk, 9. Auflage, 1990, Seiten 285 bis 288 beschrieben.

Ein FIFO ist eine besondere Form eines Schieberegisters. Das gemeinsame Merkmal ist hier, daß die Daten in derselben Reihenfolge am Ausgang erscheinen, wie sie am Eingang eingegeben wurden: das zuerst eingelesene Wort (First-In) wird also auch wieder zuerst ausgelesen (First-Out). Im Unterschied zu einem Schieberegister kann bei einem FIFO dieser Vorgang jedoch völlig asynchron erfolgen, d.h. der Auslesetakkt ist dann vom Einlesetakkt entkoppelt.

Bei modernen FIFO's werden die Daten nicht mehr verschoben, sondern über zwei Zeiger, dem sogenannten Schreibzeiger und dem Lesezeiger, werden Eingabe- bzw. Ausgabeadressen in einem Speicherbaustein angegeben. Der Schreibzeiger zeigt dabei auf die erste freie Adresse, während der Lesezeiger auf die letzte belegte Adresse zeigt. Die Zeiger sind dabei üblicherweise durch einfache Zähler realisiert. Der Speicherbaustein ist typischerweise ein Random-Access-Memory-Speicher (RAM).

Ein weiteres gattungsgemäßes FIFO ist in der DE 44 33 692 A1 insbesondere dort in Figur 1, beschrieben. Figur 1 der vorliegenden Erfindung zeigt ein solches FIFO, bei dem ein Ausschnitt eines Speicherbereichs, der beispielsweise in eine Random-Access-Memory (RAM) angeordnet sein kann, abgebildet ist. Der adressierte Speicherbereich umfaßt hier die Adressen 22, 23,...31. In Figur 1a sind die Datenwörter D1 - D4 in die Speicherplätze mit den Adressen 24, 25, 26 und 27 eingeschrieben. Der Lesezeiger RP zeigt auf den Speicherplatz mit der Adresse 24 und der Schreibzeiger WP auf den Speicherplatz mit der Adresse 28.

Sollen nun zwei weitere Datenwörter in die Warteschlange (D5 und D6) eingeschrieben werden, so wird das Datenwort D5 in den Speicherplatz mit der Adresse 28 eingeschrieben und das Datenwort D6 in den Speicherplatz mit der Adresse 29 (Figur 1b). Der Schreibzeiger WP wird um die Anzahl der eingeschriebenen Wörter erhöht. Sollen nun Daten aus den Speicherplätzen

gelesen werden, so wird über den Lesezeiger WP auf den Speicherplatz mit der Adresse 24 verwiesen und das Datenwort D1 ausgelesen.

Nach dem Lesevorgang (Figur 1c) zeigt der Lesezeiger WP auf den Speicherplatz mit der Adresse 25 und der Schreibzeiger RP zeigt nach dem Schreibvorgang auf den Speicherplatz mit der Adresse 30. Nach dem Schreib- sowie Lesevorgang besteht der neue Dateninhalt der Warteschlange aus den Datenwörtern D2 - D6. Die Datenwörter sind in aufeinanderfolgenden Speicherplätzen zwischengespeichert.

Nachteil einer derartigen Speicherabarbeitung eines Pufferspeichers ist, daß gerade beschriebene Speicherplätze im Pufferspeicher erst dann ausgelesen werden können, nachdem die zeitlich vor diesem Speicherplatz eingespeicherten Speicherplätze des Pufferspeichers ausgelesen wurden. Dies ist insbesondere dann nachteilig, wenn sich in dem Pufferspeicher immer nur der Dateninhalt einiger weniger Speicherplätze ändert, der Dateninhalt der übrigen Speicherplätze jedoch meist gleich bleibt. Eine derartige Pufferspeicherarchitektur ist somit sehr unflexibel und das Auslesen somit äußerst zeitintensiv.

Häufig entsteht auch folgendes Problem: Der Datensender, beispielsweise der Bus, ist inaktiv. Wird der Bus aktiviert, dann müssen in sehr kurzer Zeit sehr große Datenpakete auf einmal in den Pufferspeicher geschrieben werden. Der Datenempfänger, beispielsweise die zentrale Recheneinheit, weist jedoch häufig eine sehr viel höhere Taktfrequenz als der Datensender auf und kann somit sehr viel schneller Daten aus dem Pufferspeicher auslesen als der Datensender Daten in diesen einschreiben kann. Dadurch wird die Leistungsfähigkeit des Pufferspeichers begrenzt durch die Größe des Pufferspeichers und die Fähigkeit des Datensenders, gleich schnell Datenpakete in den Pufferspeicher zu schreiben, wie diese vom Datenempfänger ausgelesen werden.

Durch eine FIFO-Pufferspeicherarchitektur nach dem Stand der Technik läßt sich jedoch immer nur ein Datenpaket, welches maximal der Größe des Pufferspeichers entspricht, vom Datensender auslesen, bevor der Pufferspeicher wieder von dem Datensender beschrieben werden kann. Diese Abarbeitungsprozedur ist sehr langsam und limitiert zudem die Leistungsfähigkeit des gesamten Systems drastisch.

Um die Leistungsfähigkeit eines Pufferspeichers zu vergrößern, ist es daher notwendig, ein sehr großes Speichermodul (RAM) als Pufferspeicher bereitzustellen, der die zu transferierende Datenmenge vollständig aufnehmen kann. Dies ist jedoch insbesondere bei einem Mikroprozessor überaus kostenintensiv.

Bei den vom Datensender unmittelbar hintereinander gesendeten Datenpaketen ändern sich häufig nur einzelne wenige Daten, während die übrigen Daten gleich bleiben. Dies ist beispielsweise bei einer Datenmaske, einem Datenformular, oder ähnlichem der Fall. Bei einem gattungsgemäßen Pufferspeicher wird

jedoch immer die gesamte Datenmenge in den Speicher eingeschrieben und anschließend auch komplett wieder ausgelesen. Dies ist überaus umständlich und dauert zudem sehr lange.

Mit der bestehenden FIFO-Speicherarchitektur ist es ferner nicht möglich, gleichzeitig Daten in den Speicher zu schreiben und aus dem Speicher auszulesen.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine flexiblere, leistungsfähige Pufferspeicherarchitektur anzugeben.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch eine Pufferspeicheranordnung der eingangs genannten Art gelöst die dadurch gekennzeichnet ist, daß

- der Speicher auf einen Adressraum abbildbar ist, der genau halb so groß ist wie der Speicher, wobei die erste Hälfte des Speichers eine erste Speicherseite und die zweite Hälfte des Speichers eine zweite Speicherseite definiert und wobei jeder Adresse im Adressraum genau ein Speicherplatz auf jeder der Speicherseiten zugeordnet ist, und
- die Speicherverwaltungseinheit ein erstes signifikantes Bit erzeugt, welches jeweils die zwei Speicherplätze mit derselben Adresse dem Adressraum der ersten und dem Adressraum der zweiten Speicherseite zuordnet.

Mit der erfindungsgemäßen Pufferspeicheranordnung ist es möglich mit einem Standard-Speicher, der typischerweise als einfacher RAM ausgebildet ist, eine gegenüber dem Stand der Technik sehr viel leistungsfähigere Abarbeitungsprozedur von Schreib- und Lesevorgang der Daten zu erzielen. Gegenüber dem Stand der Technik wird hierfür vorteilhafterweise ein sehr viel kleinerer Speicher benötigt, als es die ankommende maximale Datenmenge erfordern würde.

Typischerweise jedoch nicht notwendigerweise sind Datensender und Datenempfänger als zentrale Recheneinheit und als USB-Bus ausgebildet. Die zentrale Recheneinheit und der USB-Bus können dabei wechselweise sowohl als Datensender und als Datenempfänger fungieren.

Die erfindungsgemäße Pufferspeicheranordnung ermöglicht es zudem, daß gleichzeitig vom Datensender Daten in den Speicher geschrieben und vom Datenempfänger Daten aus dem Speicher ausgelesen werden können. Auf diese Weise wird auch die Flexibilität der Pufferspeicherarchitektur erhöht.

Ferner ist es möglich, gezielt einzelne Endpunkte, die beispielsweise mehrere Speicherplätze umfassen können, zu beschreiben bzw. auszulesen, ohne daß sich der Dateninhalt der übrigen Endpunkte ändert. Der Dateninhalt der übrigen Endpunkte muß dann vorteilhafterweise auch nicht ausgelesen werden. Auf diese Weise ist eine Kanalisierung und Strukturierung des Datentransfers möglich. Ferner lassen sich auf diese Weise zu sendenden Daten sehr schnell übertragen.

Besonders vorteilhaft ist die Erfindung, wenn Daten

in Form einer Datenmaske, eines Formulars, oder ähnliches übertragen werden sollen, bei dem sich immer nur einzelne Daten verändern. Diese sich jeweils verändernde Daten können dann sehr schnell weitergeleitet werden.

Die einzelnen Endpunkte lassen sich sowohl im sogenannten Single-Buffer-Mode als auch im Dual-Buffer-Mode betreiben. In einer sehr vorteilhaften Anwendung lassen sich ein Teil der Endpunkte im Single-Buffer-Mode betreiben, während der andere Teil der Endpunkte im Dual-Buffer-Mode betrieben wird.

Besonders vorteilhaft ist die Erfindung in einem sogenannten USB-Modul. Der Bus ist dann ein USB-Bus. Der Bus kann jedoch auch einen weiteren Prozessor, einen Coprozessor oder mindestens eine Peripherieeinrichtung an die Pufferspeicheranordnung anschließen.

Eine weitere günstige Anwendung findet die Pufferspeicheranordnung in einem Mikroprozessor, einem Mikrocomputer oder in einem Kommunikationsnetz.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand der in den Figuren der Zeichnung angegebenen Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigt dabei:

Figur 1 eine FIFO-Pufferspeicherverwaltung nach dem Stand der Technik,

Figur 2 ein Übersichtsblockschaltbild der erfindungsgemäßen Pufferspeichereinrichtung,

Figur 3 ein detailliertes Blockschaltbild einer erfindungsgemäßen Pufferspeichereinrichtung,

Figur 4 ein im Dual-Buffer-Mode betriebener Pufferspeicher,

Figur 5 ein im Single-Buffer-Mode betriebener Pufferspeicher,

Figur 6 ein sowohl im Dual-Buffer-Mode als auch im Single-Buffer-Mode betriebener Pufferspeicher.

Figur 2 zeigt in einem Übersichtsblockschaltbild die Architektur einer erfindungsgemäßen Pufferspeichereinrichtung. Mit BM ist hier dabei die Pufferspeicheranordnung selbst bezeichnet. Die Pufferspeicheranordnung BM weist einen Speicher RAM auf. Dieser Speicher RAM ist hier als einfacher Random-Access-Memory (RAM) ausgeführt. Jedoch ist es auch denkbar, jeden anderen beschreibbaren Speicher, wie zum Beispiel einen DRAM, einen SRAM, einen FRAM, etc. zu verwenden. Der Speicher RAM kann als RAM-Bau-stein in diskreter Form vorliegen oder beispielsweise in einem Siliciumchip zusammen mit dem Pufferspeicher monolithisch integriert sein.

Der Speicher RAM ist im vorliegenden Beispiel

durch einen einzigen Adress-/Datenbus ADB mit einer Speicherverwaltungseinheit MMU verbunden. Der Adress-/Datenbus ADB weist dabei eine Vielzahl von Adreßleitungen und Datenleitungen auf.

Die Speicherverwaltungseinheit MMU enthält eine 5 Registereinrichtung SFR. Die Registereinrichtung SFR enthält typischerweise ein Adressregister und ein Längenregister. Im Adressregister sind die Adressen der Speicherplätze abgelegt, während im Längenregister die Länge oder die Paketgröße der abgelegten Daten 10 abgespeichert ist.

Der Speicher RAM sowie die Speicherverwaltungseinheit MMU sind zwischen einer zentralen Recheneinheit CPU und einem Bus USB angeordnet. Die zentrale Recheneinheit CPU kann beispielsweise ein Prozessor oder ein Mikroprozessor sein. Der Bus USB ist im vorliegenden Beispiel ein Universal Serial Bus (USB). 15 Jedoch kann als Bus auch jeder andere seriell oder parallel betriebene Bus verwendet werden. Es ist auch denkbar, daß der Bus USB die Schnittstelle zu einer weiteren zentralen Recheneinheit, einem Coprozessor oder mindestens einer Pheripherieeinheit bildet.

Die Speicherverwaltungseinheit MMU ist im vorliegenden Beispiel durch den sogenannten Peripheral Data Bus (PD-Bus/PDB) mit der zentralen Recheneinheit CPU verbunden. Dieser PD-Bus PDB steuert unter 20 anderem auch die Registereinrichtung SFR der Speicherverwaltungseinheit MMU an. Über einen weiteren Bus, dem sogenannten External Data Bus (XDB), sind Pheripherieeinheiten an die Speicherverwaltungseinheit MMU ankopplbar.

Die Speicherverwaltungseinheit MMU ist außerdem über eine Vielzahl von Signalleitungen mit dem Bus USB verbunden. Diese Signalleitungen bestehen aus Adressleitungen, Datenleitungen und Steuerleitungen. Die Daten auf den Daten- und Adressleitungen können in gemultiplexter oder nicht-gemultiplexter Form 25 vorliegen.

Figur 3 zeigt ein detailliertes Blockschaltbild der erfindungsgemäßen Pufferspeichereinrichtung. Gleiche oder funktionsgleiche Elemente sind entsprechend 30 Figur 2 mit gleichen Bezugszeichen versehen.

Die Pufferspeicheranordnung BM in Figur 3 enthält eine Speicherverwaltungseinheit MMU, einen Speicher RAM, eine Synchronisiereinrichtung UIF sowie eine 35 Takterzeugungseinrichtung CKG. Die Pufferspeicheranordnung BM ist zum einen mit dem Bus USB und zum anderen über den PD-Bus PDB mit der zentralen Recheneinheit CPU verbunden. Des weiteren ist über einen Phasenregelkreis PLL eine Oszillatoreinrichtung OSC an die Takterzeugungseinrichtung CKG der Pufferspeicheranordnung BM anschließbar.

Die Speicherverwaltungseinheit MMU enthält einen sogenannten Dual-Port-Manager DPM, eine SWAP-Einrichtung SWU sowie eine Registereinrichtung SFR. 40 Des weiteren enthält die Speicherverwaltungseinheit MMU Mittel zur Adresserzeugung. Diese Mittel bestehen im vorliegenden Beispiel aus einem ersten Adress-

generator UAG und einem zweiten Adressgenerator CRG. Die Adressgeneratoren UAG, CAG bestehen in der einfachsten Ausführung aus einem Zähler und einem Zeiger. Im vorliegenden Beispiel steuert der 45 erste Adressgenerator UAG einen ersten Schreib/Lesezeiger RWP0 und der zweite Adressgenerator CAG einen zweiten Schreib/Lesezeiger RWP1 an.

Der Speicher RAM wird vom Dual-Port-Manager DPM über den Adress-/Datenbus ADB angesteuert. Der Dual-Port-Manager DPM entscheidet dann, von 50 welcher der beiden Seite die Adressen des Speichers RAM gelesen werden können.

Der Bus USB und die zentrale Recheneinheit CPU weisen typischerweise eine unterschiedliche Taktfrequenz und eine unterschiedliche Phasenlage auf. In diesem Fall ist es notwendig, den CPU-Takt und den USB-Takt miteinander zu synchronisieren. Daher ist 55 typischerweise zwischen dem Bus USB und der Speicherverwaltungseinheit MMU eine Synchronisiereinrichtung UIF geschaltet. Die Synchronisiereinrichtung UIF synchronisiert das vom USB-Bus eingekoppelte Taktsignal mit dem Taktsignal der Speicherverwaltungseinheit MMU, welches der Taktfrequenz der zentralen Recheneinheit CPU entspricht. Zur Synchronisierung des USB-Taktes und des CPU-Taktes wird typischerweise in bekannter Weise ein sogenanntes Hand-Shake-Protokoll verwendet.

Es ist selbstverständlich auch möglich, die Synchronisiereinrichtung UIF zwischen der Speicherverwaltungseinheit MMU und der zentralen Recheneinheit CPU anzuordnen. Denkbar ist jedoch auch, daß die 60 Taktfrequenzen und die Phasenlagen von USB-Takt und CPU-Takt gleich sind. In diesem Fall ist eine Synchronisierung natürlich nicht notwendig.

Wie in Figur 3 angedeutet, ist der Speicher RAM in eine erste Speicherseite P0 und eine zweite Speicherseite P1 aufgeteilt. Des weiteren ist ein signifikantes Bit 65 vorgesehen, das sogenannte MSB-Bit (Most-Significant-Bit), welches eine Zuordnung zur ersten bzw. zur zweiten Speicherseite P0, P1 vornimmt. Ist das MSB-Bit beispielsweise MSB=0, dann ist die entsprechende Speicherseite P0 mit der der zentralen Recheneinheit CPU verbunden. Im Fall von MSB=1 ist die entsprechende Speicherseite P1 mit dem Bus USB verbunden.

In der vorliegenden Erfindung hat sowohl die erste als auch die zweite Speicherseite P0, P1 einen eigenen Adressgenerator UAG, CAG mit jeweils einem eigenen Schreib-/Lesezeiger RWP0, RWP1. Über einen derartigen Schreib/Lesezeiger RWP0, RWP1 ist es möglich, 70 sowohl Daten aus dem Speicher RAM auszulesen als auch Daten in den Speicher RAM zu schreiben.

Des weiteren weist jede Speicherseite P0, P1, wie in Figur 3 angedeutet, eine gleiche Anzahl von Speicherplätzen SPP auf. Dabei gibt es im Speicher RAM 75 jeweils genau zwei Speicherplätze SPP mit derselben Adresse, die sich lediglich durch das MSB-Bit voneinander unterscheiden. Die Gesamtzahl der unterschiedlichen Speicherplätze SPP im Speicher RAM hängt

typischerweise ab von der Anzahl der Adressleitungen des Adress-/Datenbusses ADB. Bei acht Adressleitungen, d. h. bei einem 8-Bit Adressbus, weist somit der Speicher 256 maximal verschiedene Speicherplätze SPP auf. Die Gesamtzahl der Datenleitungen des Adress-/Datenbusses ADB bestimmt dann die in jedem Speicherplatz SPP ablegbare Datenmenge. Beispielsweise weist jeder Speicherplatz SPP unter Verwendung von acht Datenleitungen eine Datengröße von 32 Byte auf.

Erfindungsgemäß ist der Speicher RAM in mehrere Endpunkte EP unterteilt. Jeder Endpunkt EP kann dabei mehrere Speicherplätze SPP umfassen. Es ist jedoch auch möglich, daß ein Endpunkt EP von einem einzigen oder sogar von keinem Speicherplatz SPP belegt ist.

Die unterschiedlichen Betriebsmodi dieser Endpunkte EP werden nachfolgend anhand der Figuren 4 bis 6 genauer beschrieben.

Für das Beschreiben bzw. Auslesen von Daten aus den Endpunkten EP unterscheidet man grundsätzlich zwei verschiedene Modi: den sogenannten Single-Buffer-Mode und den Dual-Buffer-Mode. Dabei ist es möglich, die Endpunkte des Speichers RAM allein im Single-Buffer-Mode oder allein im Dual-Buffer-Mode zu betreiben. Zusätzlich ist es auch möglich, einen Teil der Endpunkte EP des Speichers RAM im Dual-Buffer-Mode zu betreiben während gleichzeitig die übrigen Endpunkte EP im Single-Buffer-Mode betrieben werden.

Nachfolgend wird zunächst der Aufbau derartiger im Dual-Buffer-Mode- bzw. im Single-Buffer-Mode betriebener Pufferspeicher anhand der Beispiele in den Figuren 4 bis 6 der Zeichnung näher erläutert. Gleiche und funktionsgleiche Elemente sind entsprechend der vorhergehenden Figuren mit gleichen Bezugszeichen versehen.

Figur 4 zeigt einen Speicher RAM, der ausschließlich im Dual-Buffer-Mode betrieben wird. Zur besseren Übersicht wurde hier auf die Darstellung von Schreib-/Lesezeigern RWP0, RWP1 verzichtet.

Der 4-Bit-Speicher RAM in Figur 4 weist 16 Speicherplätze SPP bzw. acht Speicherplatzpaare auf, die durch die Adressen 0 bis 7 gekennzeichnet sind. Der Speicherplatz SPP mit der Adresse 2 und MSB=1 ist hier exemplarisch schraffiert hervorgehoben. Zusammen mit dem entsprechenden Speicherplatz SPP mit der Adresse 2 und einem MSB=0 bilden diese Speicherplätze SPP ein Speicherplatzpaar. Jedes der Speicherplatzpaare besteht somit aus jeweils zwei Speicherplätzen SPP derselben Adresse, die sich nur durch das MSB-Bit unterscheiden.

Der Speicher RAM weist des weiteren drei Endpunkte EP1 - EP3 auf. Der Endpunkt EP1 besteht in Figur 4 aus einem einzigen Speicherplatzpaar der Adresse 0. Der Endpunkt EP2 besteht hier aus fünf Speicherplatzpaaren mit den Adressen 1 - 5, wobei 1 die Basisadresse ist und 5 die Endadresse angibt. Der

Endpunkt EP3 wird hier durch zwei Speicherplatzpaare mit den Adressen 6 und 7 gebildet. Hierbei ist 6 die Basisadresse und 7 die Endadresse. Des weiteren ist in Figur 4 ein erster Schreib-/Lesezeiger RWP0 für die erste Speicherseite P0 und ein zweiter Schreib-/Lesezeiger RWP1 für die zweite Speicherseite P1 eingezeichnet. Im Dual-Buffer-Mode belegen somit die Endpunkte EP gleichzeitig Speicherplätze SPP der ersten Speicherseite P0 und der zweiten Speicherseite P1.

Figur 5 zeigt einen Speicher RAM, der ausschließlich im Single-Buffer-Mode betrieben wird. Der Speicher RAM in Figur 5 weist wie in Figur 4 ein 4-Bit-Speicher mit insgesamt acht Speicherplatzpaaren auf. Jedem Speicherplatzpaar sind zwei Speicherplätze SPP, die sich nur durch das MSB-Bit unterscheiden, zugeordnet. Der Single-Buffer-Mode-Speicher in Figur 5 weist sieben Endpunkte EP1 - EP7 auf. Jeder dieser Endpunkte EP1 - EP7 umfaßt für sich ausschließlich Speicherplätze SPP einer der beiden Speicherseiten P0, P1. Das bedeutet, jeder der Endpunkte EP1 - EP7 ist gekennzeichnet durch entweder MSB=0 oder MSB=1. Dabei können die unterschiedlichen Endpunkte EP1 - EP7 vollkommen unabhängig voneinander betrieben, d. h. beschrieben und ausgelesen werden.

Im vorliegenden Beispiel umfassen die Endpunkte EP1, EP2 jeweils zwei Speicherplätze SPP mit den Adressen 0 und 1 und unterscheiden sich lediglich durch das MSB-Bit. Die Endpunkte EP1, EP2 weisen die Basisadresse 0 und Endadresse 1 auf. Die Endpunkte EP6, EP7 umfassen jeweils drei Speicherplätze SPP mit den Adressen 5 - 7 mit der Basisadresse 5 und der Endadresse 7. Die Endpunkte EP6, EP7 unterscheiden sich ebenfalls durch das MSB-Bit. Wie in Figur 5 angedeutet, ist es auch möglich, daß ein Endpunkt EP3 der einen Speicherseite P0 in zwei oder mehr Endpunkten EP4, EP5 der anderen Speicherseite P1 seine Entsprechung findet. Im vorliegenden Beispiel umfaßt der Endpunkt EP3 die Adressen 2 - 4 der ersten Speicherseite P0, wobei die entsprechenden Adressen 2 - 4 der zweiten Speicherseite P1 durch den Endpunkt EP4 mit der Adresse 2 und den Endpunkt 5 mit den Adressen 3 - 4 bilden.

Die erfindungsgemäße Pufferspeicheranordnung BM ermöglicht es zudem, daß ein Teil der Endpunkte EP des Speicher RAM im Dual-Buffer-Mode und ein anderer Teil der Endpunkte EP gleichzeitig im Single-Buffer-Mode betrieben werden. Dieser Betriebsmodus ist in Figur 6 dargestellt.

Die Endpunkte EP1 und EP2 weisen die Adressen 0 und 1 auf. Der Endpunkt EP3 mit der Adresse 2 bis 5 der ersten Speicherseite P0 findet seine Entsprechung in den beiden Endpunkten EP4 und EP5 mit den Adressen 2 - 3 bzw. 4 bis 5 der zweiten Speicherseite P1. Diese Endpunkte EP1 - EP5 werden ausschließlich im Single-Buffer-Mode betrieben. Der Endpunkt EP6 mit den Speicherplatzpaaren der Adresse 6 und 7 wird dagegen ausschließlich im Dual-Buffer-Mode betrie-

ben.

Nachfolgend wird die genaue Funktionsweise eines im Single-Buffer-Mode und im Dual-Buffer-Mode betriebenen Speichers RAM genauer erläutert.

Im Dual-Buffer-Mode kann ein Endpunkt EP von einem Datensender und einem Datensender gleichzeitig beschrieben und gelesen werden. Anschließend wird dieser Endpunkt EP, gesteuert durch das MSB-Bit der SWAP-Einrichtung SWU, umgeschaltet. Die jeweils andere Seite des Endpunktes EP kann dann von der zentralen Recheneinheit CPU und vom Bus USB wieder beschrieben bzw. ausgelesen werden. Das Umschalten erfolgt dabei voll automatisch.

Im sogenannten Single-Buffer-Mode läßt sich zunächst ein Endpunkt EP von einem Datensender beschreiben. Das bedeutet, die diesem Endpunkt EP entsprechenden Endpunkte EP oder Speicherplätze SPP der jeweils anderen Speicherseite P0, P1 bleiben in jedem Fall leer. Diese können beispielsweise für einen anderen Endpunkt EP genutzt werden. Im Single-Buffer-Mode unterscheidet man somit nicht zwischen der ersten und der zweiten Speicherseite P0, P1. Nach dem Umschalten durch die SWAP-Einrichtung SWU kann der gerade beschriebene Endpunkt EP wieder ausgelesen werden. Der Umschaltmechanismus erfolgt ähnlich wie im Dual-Buffer-Mode voll automatisch.

Im Single-Buffer-Mode und im Dual-Buffer-Mode kann die zentrale Recheneinheit CPU und der Bus USB sowohl als Datensender als auch als Datenempfänger fungieren.

Sowohl im Dual-Buffer-Mode als auch im Single-Buffer-Mode läßt sich jeder der Endpunkte EP völlig unabhängig von den übrigen Endpunkten EP des Speichers RAM betreiben. Dadurch ist es möglich gezielt Daten in den Speicher RAM zu schreiben und diese Daten gezielt wieder auszulesen, ohne die übrigen Daten, die sich in diesem Zeitraum nicht verändert haben, ebenfalls auslesen zu müssen. Auf diese Weise ist eine Kanalisierung und Strukturierung des Datentransfers möglich. Es können so sehr schnell und gezielt einzelne Daten von einem Datensender zu einem Datenempfänger transferiert werden. Dadurch läßt sich die Leistungsfähigkeit bzw. die Schnelligkeit der Pufferspeicheranordnung erheblich steigern.

Dieses Konzept findet bevorzugte Anwendung, wenn beispielsweise eine Maske, ein Formular, oder ähnliches vom Datensender zum Datenempfänger übertragen werden soll. Bei einer derartigen Anwendung verändern sich lediglich einzelne Daten (z. B. bei einem Formular), die dann aber sehr schnell ausgelesen werden müssen. Die übrigen Daten des Formulars, die sich typischerweise sehr selten ändern, müssen nicht jedesmal ausgelesen werden.

Eine spezielle und besonders vorteilhafte Anwendungsmöglichkeit findet die Erfindung auch bei der Tastatursteuerung bzw. der Mausesteuerung eines PC's. Hier verändern sich im Vergleich zur gesamten Datenmenge immer nur einzelne Parameter. Zudem ändern

sich diese Parameter vergleichsweise selten. Findet jedoch eine solche Veränderung statt, dann müssen die veränderten Daten möglichst schnell weitergeleitet werden. Wird bei jeder Änderung eines Parameters dieses Systems die gesamte Datenmenge übertragen, dann muß entweder ein verhältnismäßig großer Pufferspeicher bereitgestellt werden oder das System weist eine erhebliche und unerwünschte Trägheit auf. Diese Nachteile werden jedoch durch die erfindungsgemäße Speicherarchitektur vermieden.

Wird ein Endpunkt im Dual-Buffer-Mode betrieben, dann wird die entsprechende Speicherseite automatisch umgeschaltet, d.h. das MSB-Bit wird entsprechend der Richtung des Datentransfers geändert.

Der im Single-Buffer-Mode betriebene Speicher RAM verhält sich ähnlich wie der im Dual-Buffer-Mode betriebene Speicher RAM. Im Single-Buffer-Mode wird jedoch das MSB-Bit nicht verändert. Im Single-Buffer-Mode-Betrieb gibt es im Gegensatz zum Dual-Buffer-Mode-Betrieb nicht die Möglichkeit, daß beide Speicherseiten P0, P1 voll sind. Ein Endpunkt EP wird als voll deklariert, wenn eine der gemeinsam benutzten Speicherseite P0, P1 voll ist. Ein Endpunkt EP wird als leer deklariert, wenn alle Speicherplätze SPP der gemeinsam benutzten Speicherseite P0, P1 leer sind. Für diesen Fall eines leeren Speichers RAM kann einer der beiden Endpunkte EP der Speicherseiten P0, P1 beschrieben werden. Der Speicher RAM wird dann wieder als voll deklariert.

Die Richtung eines Datentransfers wird über ein sogenanntes Richtungsbit bestimmt. Das Richtungsbit wird typischerweise vom Datensender vorgegeben. Das Richtungsbit legt also fest, welcher der beiden Teilnehmer, d. h. die zentrale Recheneinheit CPU oder der Bus USB, der Datensender ist und welcher der Datenempfänger ist.

Die Zahl der Endpunkte EP im Speicher RAM ist einstellbar. Dabei sind die Basisadressen jedes Endpunktes EP in der Registereinrichtung SFR abgelegt. Die tatsächliche Zugriffsadresse jedes Endpunktes EP wird durch Addition der Basisadresse, des MSB-Bits und des Offsets, der durch den entsprechenden Zähler generiert wird, erzeugt.

In einer vorteilhaften Weiterbildung lassen sich die Adressen durch eine einfache ODER-Verknüpfung realisieren. Jedoch muß hier die Basisadresse ein Vielfaches von  $2^n$  sein und die Offsetadresse muß einen Wert zwischen 0 und  $2^n - 1$  annehmen. In diesem Fall wird sichergestellt, daß keine Bitstelle in beiden Summanden dieser Adressen mit 1 belegt ist.

Die Endpunkte EP weisen typischerweise eine Größe von 8, 16, 32, 64 Byte auf. Jedoch sind auch kleinere Endpunkte EP in der Größenordnung 0, 1, 2, 4 Byte denkbar. Die Datengröße aller Endpunkte EP zusammen darf selbstverständlich nicht die Datengröße des gesamten Speichers RAM übersteigen.

Die maximale Datengröße eines Endpunktes EP ist festgelegt durch dessen Basisadresse und dessen End-

adresse. Jedoch ist es auch möglich, eine geringere Datenmenge innerhalb eines Endpunktes EP abzulegen. Die durch die Basisadresse und Endadresse festgelegte maximale Länge eines Endpunktes EP sowie die tatsächliche Größe der in dem Endpunkt EP abgespeicherten Datenmenge ist in einem Längenregister abgelegt. Das Längenregister ist Teil der Registereinrichtung SFR.

Jeder der Endpunkte EP kann über das sogenannte MSB-Bit vertauscht werden. Durch dieses Vertauschen wird auch die Längeninformation und die Adressinformation der jeweiligen Endpunkte EP vertauscht. Die Basisadressen der jeweiligen Endpunkte EP sind dabei in einem sogenannten Basisadreßregister innerhalb der Registereinrichtung SFR abgelegt.

Die SWAP-Einrichtung SWU sowie die Registereinrichtung SFR werden gesteuert durch die zentrale Recheneinheit CPU. Die SWAP-Einrichtung SWU enthält zusätzlich eine Logikschaltung, die erkennt, ob ein Endpunkt EP voll ist oder leer ist.

Ein weiteres signifikantes Bit, das sogenannte Length-Significant-Bit (LSB) oder LSB-Bit, welches hier im Längenregister abgelegt ist, gibt die tatsächliche Länge der in den jeweiligen Endpunkten bzw. Speicherplätzen abgespeicherten Datenmenge an. Die in dem Längenregister angeordnete Logik weist eine Endstandserkennung auf, die erkennt, ob die Endadresse des entsprechenden Endpunktes EP erreicht wurde und somit der jeweilige Endpunkt EP voll ist.

Da Längenregister üblicherweise sehr groß ausgebildet sind, können diese auch monolithisch im Speicher RAM angeordnet sein. Auf diese Weise ist es möglich, durch Einsparung dieses verhältnismäßig großen Längenregisters zusätzlich Chipfläche zu sparen.

Besonders vorteilhaft ist die vorliegende Erfindung, wenn die Pufferspeicheranordnung in einem Mikrocomputer oder einem Mikroprozessor integriert ist. Insbesondere die Anwendung in einem USB-Modul erweist sich auch als äußerst günstig.

Es ist jedoch auch denkbar die erfindungsgemäße Pufferspeicheranordnung für Datentransfers in einem Kommunikationsnetz, einem Personal Computer, oder ähnlichem zu verwenden.

Mit der vorliegenden Pufferspeicherarchitektur ist es somit möglich, daß der Speicher RAM die zu transferierenden Daten selbständig verwaltet. Die beiden Speicherseiten P0, P1 dienen dabei zur Entkopplung von Datensender und Datenempfänger, d. h. im vorliegenden Ausführungsbeispiel zur Entkopplung der zentralen Recheneinheit CPU und dem Bus USB. Beide Speicherseiten P0, P1 sind somit für den Anwender zwar virtuell sichtbar, jedoch ist für den Datentransfer von Datensender zu Datenempfänger immer nur eine der Speicherseiten P0, P1 ansprechbar. Auf diese Weise wird eine Überlappung der Schreibzyklen vermieden, indem schnell aufeinanderfolgende Daten des Datensenders in getrennte Bereiche des Speichers RAM abgelegt werden. Somit lassen sich die zu transferie-

renden Daten vom Datensender "langsam" in den Speicher RAM schreiben, da der nächste nachfolgende "schnelle" Schreibbefehl in einen anderen Teil des Speichers RAM geht. Dieser Vorgang kann selbstverständlich auch umgekehrt ablaufen.

Dadurch ist es in vorteilhafter Weise möglich, daß Datensender und Datenempfänger mit unterschiedlich hohen Taktfrequenzen die Daten in den Speicher RAM einschreiben bzw. auslesen. Die Adressen der Speicherplätze SPP des Speichers RAM können in bekannter Weise wie bei einem Ringpufferspeicher adressiert werden. Besonders vorteilhaft ist es jedoch, wenn der Adressgenerator applikationsspezifisch und somit nicht gebunden an eine Ringform, auf die Speicheradressen des Speichers RAM umschaltet.

Darüber hinaus dienen die beiden Speicherseiten P0, P1 auch zur Entkopplung des typischerweise komplett asynchronen Datentransfers zwischen Datensender und Datenempfänger.

#### Bezugszeichenliste

ADB	= Adress-/Datenbus
BM	= Pufferspeicheranordnung
CAG	= zweiter Adressgenerator
CKG	= Takterzeugungseinrichtung
CPU	= zentrale Recheneinheit
DPM	= Dual-Port-Manager
EP, EP1 - EP5	= Endpunkte
MMU	= Speicherverwaltungseinheit
MSB	= signifikantes Bit, most significant bit
OSC	= Oszillatoreinrichtung
P0	= erste Speicherseite
P1	= zweite Speicherseite
PDB	= Peripheral Data Bus
PLL	= Phasenregelkreis
RAM	= Speicher
RP	= Lesezeiger
RWP	= Lese-/Schreibzeiger
SFR	= Registereinrichtung
SPP	= Speicherplatz
SWU	= SWAP-Einrichtung
UAG	= erster Adressgenerator
UIF	= Synchronisierungseinrichtung
USB	= Bus
WP	= Schreibzeiger
XDB	= External Data Bus

#### Patentansprüche

##### 1. Pufferspeicheranordnung,

- die zur Datenkommunikation zwischen einem Datensender und einem Datenempfänger angeordnet ist und die mit diesen über Signalleitungen gekoppelt ist,
- die zur Datenpufferung mindestens einen Speicher (RAM) enthält und



- die eine Speicherverwaltungseinrichtung (MMU) aufweist, die über einen Adress-/Datenbus (ADB) das Auslesen und das Beschreiben des Speichers (RAM) steuert,

**dadurch gekennzeichnet, daß**

- der Speicher (RAM) auf einem Adressraum abbildbar ist, der genau halb so groß ist wie der Speicher (RAM), wobei die erste Hälfte des Speichers (RAM) eine erste Speicherseite (P0) und die zweite Hälfte des Speichers (RAM) eine zweite Speicherseite (P1) definiert und wobei jeder Adresse im Adressraum genau ein Speicherplatz (SPP) auf jeder der Speicherseiten (P0, P1) zugeordnet ist, und
- die Speicherverwaltungseinheit (MMU) ein signifikantes Bit (MSB) erzeugt, welches jeweils die zwei Speicherplätze (SPP) mit derselben Adresse dem Adressraum der ersten und dem Adressraum der zweiten Speicherseite (P0, P1) zuordnet.

2. Pufferspeicheranordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Bus (USB) mit einer Vielzahl von Busleitungen und eine zentrale Recheneinheit (CPU) vorgesehen sind, die jeweils sowohl als Datensender als auch als Datenempfänger betreibbar sind.
3. Pufferspeicheranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Speicher (RAM) mindestens einen Endpunkt (EP) aufweist, wobei
  - jedem Endpunkt (EP) eine Basisadresse und eine Endadresse zugeordnet ist und
  - jeder Endpunkt (EP) entweder Speicherplätze (SPP) der ersten Speicherseite (P0) oder Speicherplätze (SPP) der zweiten Speicherseite (P1) oder Speicherplätze (SPP) beider Speicherseiten (P0, P1) mit denselben Adressen belegen kann.
4. Pufferspeicheranordnung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß in jedem der Endpunkte (EP) mindestens ein Datenpaket abspeicherbar ist, wobei jedes Datenpaket mindestens die Datengröße eines einzelnen Speicherplatzes (SPP) aufweist.
5. Pufferspeicheranordnung nach einem der Ansprüche 3 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Endadresse eines Endpunktes (EP) durch die vom Datensender gesendete maximale Datengröße eines Datenpakets festgelegt ist.

6. Pufferspeicheranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Speicherverwaltungseinheit (MMU) mindestens eines der nachfolgenden Elemente aufweist:

- einen ersten Adressgenerator (UAG) zur Erzeugung der Adressen der ersten Speicherseite (P0),
- einen ersten Schreib-/Lesezeiger (RWP0) zum Beschreiben-/Auslesen von Daten aus Speicherplätzen der ersten Speicherseite (P0),
- einen zweiten Adressgenerator (CAG) zur Erzeugung der Adressen der zweiten Speicherseite (P1),
- einen zweiten Schreib-/Lesezeiger (RWP1) zum Beschreiben-/Auslesen von Daten aus Speicherplätzen der zweiten Speicherseite (P1),
- eine SWAP-Einrichtung (SWU), die das Umschalten zwischen der ersten und der zweiten Speicherseite (P0, P1) steuert.

7. Pufferspeicheranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß mindestens eine Registereinrichtung (SFR) vorgesehen ist, in der die Basisadressen der Endpunkte (EP) abgelegt sind.

8. Pufferspeicheranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Datensender und/oder der Datenempfänger ein Richtungsbit erzeugt, welches die Richtung des Datentransfers festlegt.

9. Pufferspeicheranordnung nach einem der Ansprüche 3 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Speicherverwaltungseinrichtung (MMU) Mittel enthält, die erkennen, ob ein Endpunkt (EP) leer ist oder voll ist.

10. Pufferspeicheranordnung nach einem der Ansprüche 3 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Endpunkte (EP) einer Speicherseite (P0, P1) unabhängig vom Inhalt der übrigen Endpunkte (EP) derselben Speicherseite (P0, P1) einzeln und in beliebiger Reihenfolge beschreibbar oder auslesbar sind.

11. Pufferspeicheranordnung nach einem der Ansprüche 3 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß jede Adresse innerhalb des Adreßraums eines Endpunktes (EP) beliebig einstellbar ist, um beschrieben oder ausgelesen werden zu können.

12. Pufferspeicheranordnung nach einem der Ansprüche 2 bis 11,  
dadurch gekennzeichnet, daß der Bus (USB) über weitere Signalleitungen eine weitere zentrale Recheneinheit und/oder einen Coprozessor und/oder mindestens eine Pheripherieeinheit an die Pufferspeicheranordnung anbindet. 5
13. Pufferspeicheranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, daß die Pufferspeicheranordnung (RAM) eine Synchronisiereinrichtung (UIF) aufweist, die die Taktsignale des Datensenders und des Datenempfängers miteinander synchronisiert. 10 15
14. Verfahren zum Betreiben einer Pufferspeicheranordnung nach einem der Ansprüche 6 bis 13, gekennzeichnet durch eine erste Konfiguration, 20
- bei der jeder Endpunkt (EP), der ausschließlich Speicherplätze (SPP) der ersten Speicherseite (P0, P1) aufweist, von dem Datensender beschreibbar ist,
  - die SWAP-Einrichtung (SWU) mittels des signifikanten Bits (MSB) die Zuordnung der beschriebenen Endpunkte (EP) von Datensender auf Datenempfänger vertauscht und 25
  - die gerade beschriebenen und bezüglich des signifikanten Bits (MSB) vertauschten Endpunkte (EP) von dem Datenempfänger auslesbar ist. 30
15. Verfahren zum Betreiben einer Pufferspeicheranordnung nach einem der Ansprüche 6 bis 14, gekennzeichnet durch eine zweite Konfiguration, 35
- bei der jeder Endpunkt (EP), der ausschließlich Speicherplätze (SPP) beider Speicherseiten (P0, P1) mit jeweils gleichen Adressen aufweist, gleichzeitig von dem Datensender beschreibbar ist und vom Datensender auslesbar ist, 40
  - die SWAP-Einrichtung (SWU) mittels des signifikanten Bits (MSB) die Zuordnung des gerade beschriebenen Endpunktes (EP) von Datensender auf Datenempfänger vertauscht und 45
  - diese Endpunkte (EP) wieder von dem Datensender beschreibbar und vom Datenempfänger auslesbar ist. 50
16. Pufferspeicheranordnung nach einem der Ansprüche 14 oder 15,  
dadurch gekennzeichnet, daß die Pufferspeicheranordnung in der ersten Konfiguration oder in der zweiten Konfiguration betreibbar sind oder sowohl in der ersten und der zweiten Konfiguration betreibbar sind. 55
17. USB-Modul mit mindestens einer Pufferspeicheranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche.
18. In einem Microcontroller integrierte Pufferspeicheranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche.
19. Verwendung einer Pufferspeicheranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

FIG 1

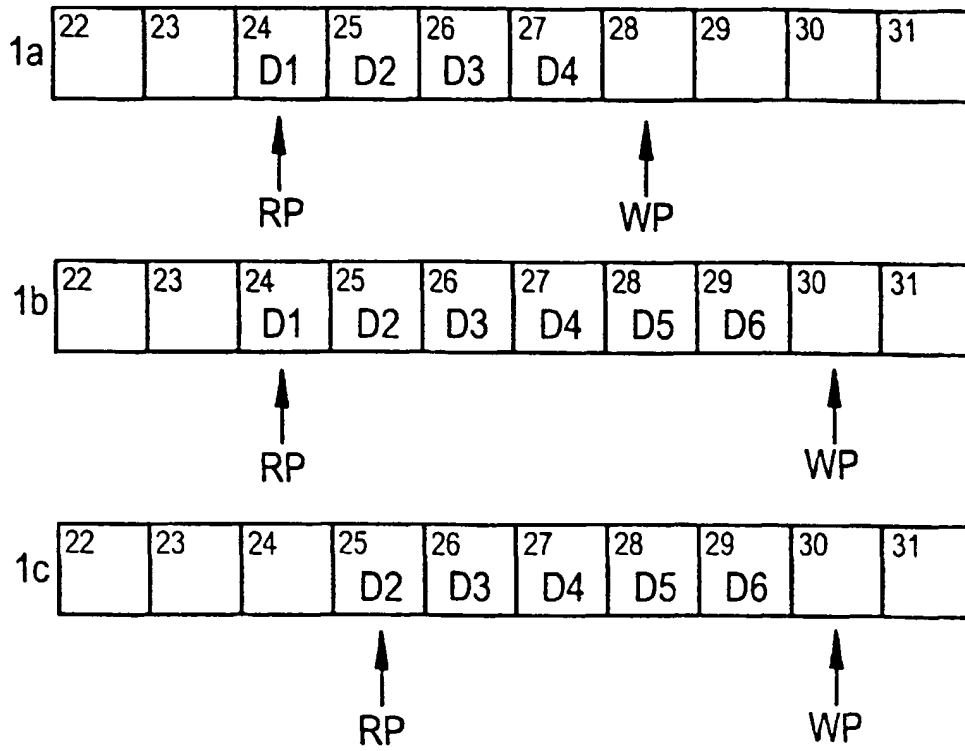


FIG 2

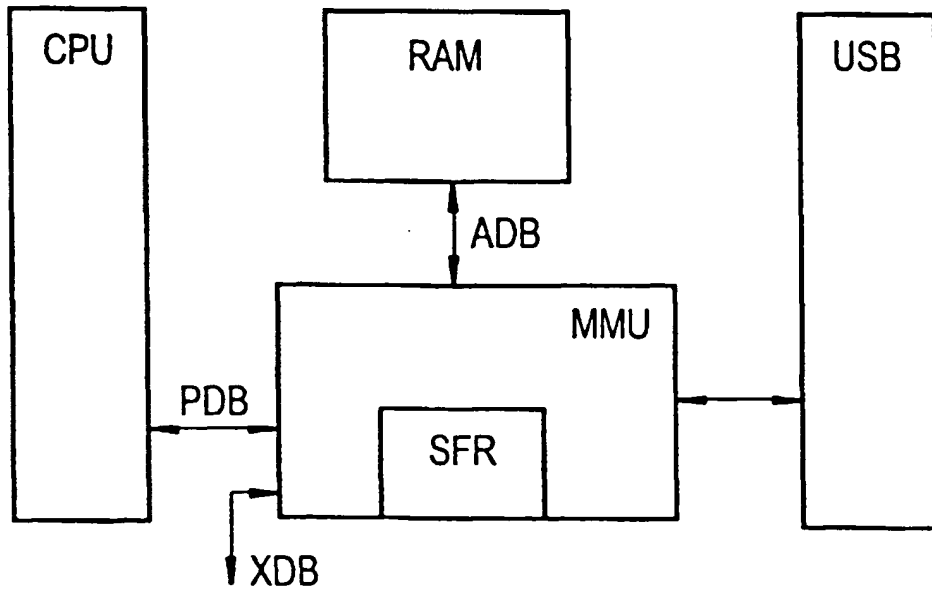


FIG 3

